



# **Bokashis respiration i jorden**

## **– Betydelse för dess klimatpåverkan**

---

*Bokashi's respiration in soil – Significance for its climate impact*

Rebecka Thorslund

Examensarbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap/ Institutionen för mark och miljö

Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram

Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU, 2020:08

Uppsala 2020





# Bokashis respiration i jorden – Betydelsen för dess klimatpåverkan

*Bokashi's respiration in soil – Significance for its climate impact*

Rebecka Thorslund

**Handledare:** Sigrun Dahlin, SLU, mark och miljö  
**Bitr. handledare:** Anna Mårtensson, SLU, mark och miljö  
**Examinator:** Johanna Wetterlind, SLU, mark och miljö

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i miljövetenskap  
**Kurskod:** EX0896  
**Program/utbildning:** Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för vatten och miljö

**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2020  
**Omslagsbild:** Malin Sario (Bokashiworld Sweden AB, 2020)  
**Serietitel:** Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU  
**Delnummer i serien:** 2020:08

**Nyckelord:** Bokashi, CO<sub>2</sub>, Effektiva Mikroorganismer, kompost, respiration.

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap (NJ)

Institutionen för mark och miljö

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

## Sammanfattning

Idag är det enbart 38 % av Sveriges matavfall som tas till vara på ett sådant sätt att växtnäringsämnena nyttjas. Avfallshanteringen av matavfall kan därför få en betydande roll för näringskretsloppet och därmed även kolkretsloppet. Traditionellt har kompostering varit en vanlig metod för att återföra matavfallet till jorden men i och med att samhällets klimatengagemang ökar börjar andra potentiellt mer effektiva metoder för att återföra näringsämnena samt det organiska kolet att träda fram. Bokashi är en metod som marknadsförs som det klimatsmartare alternativet till kompost då det påstås frigöra mindre kol. Dock saknas vetenskapliga studier som underbygger detta. Huvudsyftet med denna studie var därför att undersöka respirationen från jord behandlad med bokashi och kompost för att jämföra deras kolavgång. Under skapandet av bokashin ska bokashiströ innehållande så kallade Effektiva Mikroorganismer (EM) tillsättas för att skapa en hälsosam miljö som är viktig för omsättningen i jorden. Men även där saknas det vetenskapliga studier som underbygger effekten av inympandet av EM. Därför har denna studie inkuberat tre olika bokashimaterial, ett med levande ymp (BY), ett med avdödad ymp (DY) och ett utan ymp (EY), för att ta reda på EM's effekt på bokashimaterialens respiration.

En inkubationsstudie genomfördes där respirationen från fyra olika material blandade med jord mättes under fyra veckor. Försöksleden var de tre bokashileden-, BY, DY och EY samt ett kompostled (KOM). Försöket var fullständigt randomiserat med fyra replikat samt två labbreplikat för varje försöksmaterial. För att testa ett generellt respirationsmönster för bokashimaterialet jämfördes med kompostmaterialet slogs alla tre bokashileden ihop, medan de tre bokashileden testades sinsemellan för utvärdering av EM-ympens effekt.

Resultatet visade att bokashimaterialet i medel respirerade 20 % mer kol än kompostmaterialet under tiden i jorden. Sett för hela perioden, från råvaran till inkubationsstudiens slut, var respirationen från de två metoderna däremot snarlik. Komposten respirerade totalt 70 % av det tillsatta kolet medan bokashin respirerade 66 % av det tillsatta kolet. Då de båda metoderna alltså respirerade liknande mängd kol blev det svårt att avgöra vilken av behandlingarna som var den klimatsmartaste sett till perspektivet kolinlagring i jorden. Vid jämförandet av de tre bokashileden fanns det inga signifikanta skillnader mellan materialen. Studie stödjer alltså inte att EM skulle påverka jordens aktivitet och med det även respirationen från det nedblandade materialet.

*Nyckelord:* bokashi, CO<sub>2</sub>, Effektiva Mikroorganismer, kompost, respiration.

## Abstract

Only 38 % of Sweden's food waste is currently managed in a way that utilises their content of plant nutrients. The way food waste is being disposed of can have a significant role for the nutrient cycle and therefore also the carbon cycle. Composting is a traditional method of returning food waste to the soil, but as society is getting more aware of climate change, new and potentially more effective methods for returning nutrients as well as organic carbon are advocated. Bokashi is one of these methods and is marketed as a climate-smart alternative to compost as it's allegedly releasing less carbon. However, this claim is not (yet) supported by scientific studies. The main purpose of this study was therefore to investigate the respiration from soil treated with bokashi and compost to compare their carbon emissions. During the bokashi process, bokashi inoculum containing so-called Effective Microorganisms (EM) should be added to create a beneficial environment which is important for degradation in the soil. However, the effect of inoculation of EM is also lacking support from scientific studies. Therefore, this study has incubated three different types of bokashi materials, one with live inoculum (BY), one with killed inoculum (DY) and one without inoculum (EY), to find out EM's effect on the respiration from bokashi materials.

An incubation study was conducted over four weeks to measure the respiration from four different substrate types mixed with soil. The substrate types were the three bokashi materials-, BY, DY, and EY as well as one compost (KOM). It was a completely randomized trial with four replicates of each substrate type and two lab replicates for each substrate. To test the general respiratory pattern from the bokashi substrates vs that of the compost, data from all three bokashi types were pooled. The three bokashi types were tested between themselves for evaluation of the effect of the EM inoculum.

The result showed that the bokashi materials on average respired 20 % more carbon than the compost during the incubation in soil. During the whole period, from the raw material to the end of the incubation study, the respiration from the two substrate types was, however, very similar. The compost respired in total 70 % of the added C and the bokashi materials respired in total 66 % of the added C. Both substrates thus respired similar amounts of carbon which made it difficult to determine which of the substrate types that was the most climate-smart, from the perspective of carbon storage in soil. The result showed no significant difference when comparing the respiration from the three bokashi types. Hence, the study does not support the claims about EM's effects on bokashi's activity and the respiration of the bokashi material.

*Keywords:* bokashi, compost, CO<sub>2</sub>, Effective Microorganisms, respiration.

# Förord

Ett självständigt arbete i miljövetenskap som nästan inte blev av. Jag vill tacka marklabbet på institutionen för mark och miljö på Sveriges lantbruksuniversitet för att jag mitt under den rådande Covid-19-krisen ändå fick spendera fyra veckor på laboratoriet och genomföra min studie. Jag vill även ge ett extra tack till Kajsa Hillberg och Sigrun Dahlin för att de tagit sig tiden att skapa det material som använts i försöket.

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>10</b>
<b>Figurförteckning.....</b>	<b>11</b>
<b>Förkortningar .....</b>	<b>12</b>
<b>1. Inledning.....</b>	<b>13</b>
1.1. Syfte.....	15
<b>2. Bakgrund .....</b>	<b>16</b>
2.1. Markkol .....	16
2.2. Omsättning av organiskt material .....	17
2.3. Redoxförhållanden .....	18
2.4. C/N förhållanden.....	19
2.5. Bestämning av respiration .....	19
2.6. Tidigare studier om bokashi .....	20
<b>3. Material och metod .....</b>	<b>23</b>
3.1. Material .....	23
3.1.1. Jorden .....	23
3.1.2. Försökssubstraten .....	23
3.1.3. Skapande av försökssubstraten .....	24
3.2. Metod.....	25
3.2.1. Försöksuppställning .....	25
3.2.2. Mätning av respiration och byte av KOH .....	26
3.2.3. Beräkningar.....	26
3.2.4. Statistisk analys .....	27
<b>4. Resultat.....</b>	<b>28</b>
4.1. Skillnad mellan bokashi och kompost .....	30
4.2. Effekten av EM .....	32
4.3. Total C-avgång från råvaran.....	33
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>34</b>



5.1.	Respiration från bokashin jämfört med kompost .....	34
5.2.	EM:s påverkan.....	35
5.3.	Förbättringsmöjligheter .....	36
5.4.	Möjlighet till implementering .....	37
5.5.	Framtida forskning .....	38
<b>6.</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>39</b>
	<b>Referenser .....</b>	<b>40</b>
	<b>Appendix 1 .....</b>	<b>42</b>

## Tabellförteckning

Tabell 1. Mängd tillsatt C till de fyra försöksleden.	24
Tabell 2. Innehållet i de fyra försöksleden.	25
Tabell 3. Burkarnas placering i respirometern samt deras innehåll	42

## Figurförteckning

Figur 1. Respirometerburk (Nordgren, 1988).	20
Figur 2. Respirometerburkarna i vattenbad.	20
Figur 3. Respirationsmönster för de fyra försöksleden under försökets fyra veckor.	28
Figur 4. Procent CO <sub>2</sub> -C-avgång från försökets 4 veckor uppdelat per vecka. För varje försöksled.	29
Figur 5. Procent CO <sub>2</sub> -C-avgång från försökets första vecka uppdelat per dygn. För varje försöksled.	30
Figur 6. Jämförelse mellan bokashis och komposts CO <sub>2</sub> -C-avgång uppdelat på varje vecka för sig.	31
Figur 7. Jämförelse mellan bokashis och komposts CO <sub>2</sub> -C-avgång uppdelat på varje dygn under den första veckan.	32
Figur 8. Jämförelse mellan de tre bokashimaterialens CO <sub>2</sub> -C-avgång från varje dygn under den första veckan.	33

## Förkortningar

BY	Bokashi med levande ymp
C/N	Kol/Kväve
CO <sub>2</sub>	Koldioxid
DY	Bokashi med avdödad ymp
EM	Effektiva Mikroorganismer
EY	Bokashi utan ymp
KOH	Kaliumhydroxid
KOM	Kompost
ppm	Parts per million/Antal per miljon (Måttenhhet)
TS	Torrsubstans
WHC	Vattenhållande förmåga

# 1. Inledning

Klimatförändringar diskuteras allt mer i dagens samhälle och engagemanget för miljö- och klimatfrågor har ökat kraftigt. Det finns många olika sätt att engagera sig i debatten vilket gör att det finns sätt för alla att vara delaktiga. För de handlingskraftiga finns det flera olika former av aktivism, som fredlig civil olydnad och demonstrationer. Målet är oftast att skapa en gemenskap och tillsammans få politikerna att agera i linje med klimatforskningen för att bromsa klimatkrisen. I augusti 2018 startade svenskan Greta Tunberg en demonstration för att sätta press på politikerna, idag sker den demonstrationen varje fredag i över 200 länder (Fridays for Future, 2020). För den som vill engagera sig mer i det tysta finns det även många namninsamlingar som man kan stötta för klimatet. Kampanjen ”Flygfritt 2020” finns i ett tiotal länder med målet att uppmärksamma människor på sin klimatpåverkan (Vi håller oss på jorden, 2020). Att skriva under en namninsamling skapar även det en samhörighet. Det är inte längre bara en person som tar ett litet aktivt val, utan det är tusentals människor som tillsammans faktiskt kan göra skillnad. Allt detta engagemang gör att människan blir mer medveten om sin miljö- och klimatpåverkan.

Då människan blir mer medveten om sin klimatpåverkan ökar också förståelsen för vad som orsakar klimatförändringarna. Många vet redan att förbränningen av fossila bränslen är det största mänskliga bidraget till den ökande halten växthusgaser i atmosfären. Hela 75 % av de mänskliga utsläppen av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter kommer från nyttjandet av fossila bränslen (IPCC, 2018). Halten växthusgaser i atmosfären kan variera naturligt men sedan människan började att förbränna kol har halten ökat betydligt mer. Innan förindustriell tid, det vill säga kring år 1750, var den atmosfäriska CO<sub>2</sub> koncentrationen 280 ppm (IPCC, 2018). Vid millenniumskiftet var CO<sub>2</sub> koncentrationen uppe i 367 ppm, och sedan dess tros CO<sub>2</sub> koncentrationen öka med ungefär 20 ppm per årtionde (IPCC, 2018). När mängden växthusgaser ökar, ökar även temperaturen vilket i sin tur kan förändra klimatet (Bernes, 2016).

Trots att medvetenheten kring klimatförändringar ökar lever vi fortfarande i ett överkonsumtionssamhälle. Nästan 2/3 av genomsnitt svenskens utsläpp kommer från hushållens konsumtion (Andersson & Stålhandske, 2020). Matkonsumtionen står för 1,4 ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per person och år, och det motsvarar nästan 30 %

av hushållens totala konsumtion (Andersson & Stålhandske, 2020). Matproduktionen är därför en bidragande faktor till den ökande CO<sub>2</sub>-koncentrationen i atmosfären. En av anledningarna till att matproduktionen släpper ut CO<sub>2</sub>-ekvivalenter är markorganismernas cellandning. De organiska kolföreningarna innehåller energi och när organismerna omsätter kolet för att nyttja energin frigörs även CO<sub>2</sub> som en restprodukt av deras respiration (Bernes, 2016). Markbearbetning i samband med matproduktionen ökar omsättningen av det organiska materialet i odlingsjordarna. Att upprätthålla kolhalten i marken genom odlingssystem och åtgärder kan motverka effekten av det.

Markanvändning i form av jord- och skogsbruk står för 23 % av det mänskliga bidraget av CO<sub>2</sub>-ekvivalent till atmosfären (IPCC, 2020). Odlingsjordarna behövs för att producera mat, men idag förloras omkring 25–30 % av all mat som produceras (IPCC, 2020). Det är omkring 1,3 miljarder ton mat som varje år produceras i onödan (Europaparlamentet, 2017). I Sverige sker 70 % av matavfallet i hemmet (Andersson & Stålhandske, 2020). Vi har därför själva en stor påverkan på hur effektivt matavfallet hanteras. Under 2018 var det 38 % av matavfallet i Sverige som hanterades på ett sådant sätt att växtnäringssämnena togs till vara på (Andersson & Stålhandske, 2020). Från och med 2021 har regeringen beslutat att kommuner måste tillhandahålla system för hantering av matavfall (Andersson & Stålhandske, 2020). Det finns därför en stor potential för metoder som bokashi att återföra matavfall till odlingsjordarna. Då markorganismerna förbrukar det kol som finns i jorden har odlingsmarker under århundraden utarmats på kol och näringsämnen (Lal et al., 2015). Genom att föra tillbaka matavfall till marken kan de gamla kollagren återskapas.

Idag finns det flera tekniker för att hantera matavfall inom hushållen. Kompostering är en traditionell process för biologisk stabilisering av organiskt material. Omsättningen i komposten sker under aeroba förhållande. Tanken med kompostering är att det organiska materialet i matavfallet ska återföras till jorden för att tillföra näring samtidigt som det ökar markens kolhalt. En nyare teknik för att hantera matavfall är bokashi. Omsättningen i bokashi sker under mer eller mindre anaeroba förhållanden. För att få en effektiv nedbrytning av organiskt material behöver syre tillföras. En anledning till att bokashi påstås vara klimatsmartare är därför att processen sker under syrefattiga förhållanden, men då bokashimaterialet blandas ned i jorden tillförs det syre och omsättningen förväntas öka. Bokashi ska enligt Bokashiworld Sweden AB (2020) vara ett klimatsmartare alternativ då det producerar mindre växthusgaser än en traditionell kompost. På den svenska bokashi-sidan (<https://www.bokashi.se/>) framgår det att ”Kolet binds i jorden istället för att bli koldioxid”. Det står också att ”Varje bokashihink som grävs ner i backen fungerar som en kolsänka”. På hemsidan står det även mycket om bokashiströt som innehåller ett urval mikroorganismer som benämns ”Effektiva

Mikroorganismer” (EM). Att inympa EM i bokashin ska enligt producenterna göra nytta för odlingsjorden genom att skapa den miljö som växterna vill ha (Bokashiworld Sweden AB, 2020). Påståendena om att bokashi är det klimatsmarta sättet att hantera matavfallet bör dock tolkas med stor försiktighet då det saknas tillräckligt med vetenskapliga studier som stödjer bokashins klimatsmarthet. För att vetenskapligt studera bokashins klimatpåverkan har en studie bestående av två delstudier genomförts. Den ena delstudien har fokuserat på produktionsfasen då gasavgången från skapandet av bokashi har undersökts (Hillberg, pågående). Den här rapporten, den andra delstudien, har fokuserat på perioden när den färdiga bokashin blandas med jord och har undersökt kolförlusten från bokashimaterialet.

## 1.1. Syfte

Syftet med försöket var att utvärdera respirationen från bokashi i ett försök att ta reda på om bokashi är ett mer klimatsmart alternativ till traditionell kompost. I denna studie har respirationen varit den parameter som studerats för att uppskatta omsättningsmetodernas klimatpåverkan. Genom att mäta respirationen från material producerade enligt de två metoderna (bokashi och kompost) skapades en indikator på vilken metod som potentiellt kunde mineralisera minst C och därmed potentiellt ge störst C-inlagring i jorden.

Bokashiförespråkarna anser att bokashi alltid ska produceras genom att inympa EM. Att ständigt tillföra ymp till bokashin kräver att man köper EM från producenterna eller att man kan blanda till produkten på egen hand. Det blir en extra kostnad och därför undersöker denna studie även hur stor påverkan de tillförda mikroorganismerna har på slutprodukts omsättning i marken. Under försöken har två hypoteser testats.

- Att respirationen från bokashi efter inblandning i jorden är högre än från traditionell kompost.
- Att de aktiva mikroorganismerna i EM inte har någon påverkan på bokashins respiration efter inblandning i jorden.

## 2. Bakgrund

Det finns ett naturligt kolkretslopp där ungefär 10 % av det atmosfäriska kolet i form av CO<sub>2</sub> årligen flödar genom marken där kolet föreligger i organisk form (Raich & Tufekciogul, 2000). Koldioxid från atmosfären tas upp av växter genom fotosyntesen och omvandlas till biomassa. När biomassan förmultnar kan humusämnen bildas vilket bidrar till markens kollager, eller så används kolet av markorganismerna som omvandlar det till energi vilket frigör CO<sub>2</sub> till atmosfären (Bernes, 2016). Människan påverkar det naturliga kolkretsloppet genom att öka mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären vilket ökar temperaturen och rubbar balansen i klimatet (Bernes, 2016). Markorganismernas respiration påverkas av temperaturförändringen då respirationen ökar med ett varmare klimat. Det innebär att markens kollager skulle minska fortare och den atmosfäriska CO<sub>2</sub>-koncentrationen skulle öka. Men det finns osäkerheter i hur påverkade kollagen blir då ett varmare klimat även kan förbättra växters tillväxt i vissa områden vilket i sin tur leder till ett ökat upptag av atmosfäriskt CO<sub>2</sub> och större tillförsel av organiskt bundet kol till marken (IPCC, 2020).

### 2.1. Markkol

Jordbruksmark innehåller 25–75 % lägre halt organiskt kol än marken i ett naturligt ekosystem (Lal et al., 2015). Markstörningar som plöjning av marken ger stora förluster av organiskt material. När marken utsätts för störning skapas nya markytor där markorganismerna kan komma åt tidigare bundet kol, omrörningen från plogen ökar också syreinnehållet i jorden vilket leder till att organismerna kan omsätta kolet mer effektivt (Cambardella, 2004). Mängden kol som binds in i marken bestäms av balansen mellan förnäringsproduktionen samt annat tillfört organiskt material och det organiska materialets nedbrytningshastighet (Eriksson et al., 2011). Odlingsjordarnas kollager minskar då markorganismerna respirerar mer kol, och ökar då tillförseln av organiskt material ökar (Eriksson et al., 2011), exempelvis via restprodukter som kompost, bokashi eller annat organiskt gödslingsmedel. Hanteringen av matavfall får en betydande roll för kolets kretslopp då vi kan påverka om det organiska materialet återförs till jorden eller inte. Även växtligheten påverkar tillflödet av organiskt material (Raich & Tufekciogul, 2000).



Det finns många faktorer som påverkar kolhalten i marken. Klimatfaktorer som temperatur och fuktighet spelar en avgörande roll för omsättningen av organiskt material. Aktiviteten hos markorganismerna påverkar markkolet då de mineraliserar det organiska materialet. Respiration från markorganismerna ger därför ett bra mått på kolflödet från marken (Raich & Tufekciogul, 2000). När marken har ett mer eller mindre konstant in- och utflöde av kol kallas det för steady state, de två processerna är då i jämvikt och markens kollager förblir stabilt (Eriksson et al., 2011). När matavfallet tillförs till jorden ökar mängden kol i marken, men det ökar nödvändigtvis inte markens kolhalt eftersom ett ökat inflöde av kol även ökar respirationen vilket i sin tur ökar utflödet. För att kol ska bindas i marken behöver den nya jämvikten ställas in på en högre nivå.

## 2.2. Omsättning av organiskt material

Kolföreningar har olika nedbrytningshastighet vilket påverkar om kolet används av markorganismerna eller binds in i marken. Fria sockerarter tillsammans med stärkelse som fort kan omvandlas till sockerarter bryts snabbt ned vid omsättningen. De kolföreningarna påverkar därför oftast mineraliseringen i början av omsättningen (Gunnarsson, 2003). Sedan tar de långsamma kolföreningarna över, som cellulosa och lignin. Förenklat kan man säga att kolföreningar med snabb nedbrytningshastighet gynnar markorganismerna på kort sikt då de fort får energi, medan kolföreningar med långsam nedbrytningshastighet ökar substratets tendens att bli långvarigt i marken. Istället för att tillföra lättnedbrytbart kol som markorganismerna fort kan omsätta behövs svårnedbrytbart kol som kan bidra till markens kollagring (Janzen, 2006).

Omsättning av organiskt material sker genom många olika markorganismer. En grupp av alla markorganismer är markdjuren som i sin tur kan delas in i tre olika grupper utifrån sin storlek. De största markdjuren kallas för makrofauna och är större än 2 mm. De påverkar omsättningen direkt genom att fragmentera och omfördela substraten. De påverkar även indirekt genom att gräva gångar som påverkar markens kvalitet, bland annat genom att öka syresättningen i marken (Cambardella, 2004). Den mellersta gruppen kallas för mesofauna och är mindre än 2 mm men större än 0,1 mm. De har också en direkt påverkan på omsättningen då de fragmenterar material som skapar en mer gynnsam miljö för den fortsatta omsättningen (Cambardella, 2004). Mesofaunan lever i luftporer som bland annat skapats av makrofaunan. Den minsta gruppen markdjur kallas för mikrofauna och är mindre än 0,1 mm. De har en indirekt påverkan på omsättningen. De livnär sig på mikroorganismer och andra mikrofauna vilket tillfälligt påverkar dynamiken i näringsmineraliseringen samt -immobiliseringen (Cambardella, 2004).

Samtidigt som markdjuren fragmenterar det organiska materialet snabbar de på de biokemiska processerna genom att tillgängliggöra mer substrat som mikroorganismerna kan nyttja. Mikroorganismer som bakterier och svampar använder sig av enzymer för att omsätta växtsubstraten (Cambardella, 2004). Generellt är det mikroorganismerna som står för den största delen av omsättningen. Bakterier omsätter den största delen av de lättnedbrytbara substraten medan svamparna omsätter de mer svårnedbrytbara substraten (Eriksson et al., 2011). Båda gruppernas aktivitet påverkas av substratens sammansättning och hur väl syresatt miljön är.

## 2.3. Redoxförhållanden

Då organiskt material omsätts och mineraliseras av markorganismerna sker en oxidation av kolet. En oxidation frigör energi då reducerade ämnen innehåller mer energi än oxiderade ämnen (Eriksson et al., 2011). Om vi använder förhållandena i glukos ( $C_6H_{12}O_6$ ) som representant för organiskt kol har det kolet oxidationstalet 0. När kolet oxideras till  $CO_2$  får det oxidationstalet +IV. Det innebär att det organiska kolet avger fyra elektroner. De elektroner som avges måste tas upp av ett annat ämne, en elektronmottagare. För att en oxidation ska ske behöver alltså även en reduktion ske (Eriksson et al., 2011). Syre är den vanligaste elektronmottagaren i markmiljön. Den vanligaste redoxprocessen i marken uppstår när markorganismerna utvinner energi ur organiska föreningar och frigör  $CO_2$ , när kol oxideras samtidigt som syre reduceras.

När en miljö saknar syre eller då syre förbrukas snabbare än vad det tillförs kan reducerande förhållanden uppstå (Eriksson et al., 2011). Vid reducerande förhållanden kan mikroorganismerna använda andra ämnen än det föredragna syret som elektronmottagare. När nitratkväve används som elektronmottagare kan denitrifikation ske. Denitrifierare producerar då olika kväveoxider och kvävgas som avfallsprodukt. Denitrifikationen kan leda till kväveförluster på 25 % i åkermarkerna samt produktionen av lustgas som är en kraftfull växthusgas (Eriksson et al., 2011). Man kan därför befara att lustgas kan bildas i bokashiprocessen vilket den första delstudien (Hillberg, pågående) undersökt. Den stora skillnaden mellan bokashi i en anaerob miljö och kompost i en aerob miljö är vad markorganismerna använder som elektronmottagare vid omsättning av det organiska materialet.

Kolmineraliseringen går långsammare i anaeroba miljöer jämfört med aeroba eftersom mikroorganismerna tvingas använda elektronmottagare som ger mindre mängd användbar energi. Bromsandet av kolmineraliseringen kan resultera i en ökad halt humusämnen i jorden, men det kan även öka produktionen av metan,  $CH_4$ ,

då  $\text{CO}_2$  används som elektronmottagare vid riktigt reducerande förhållanden (Eriksson et al., 2011). Elektroner avges då från en kolatom till en annan vilket skapar kolets mest reducerade form  $\text{CH}_4$  med oxidationstalet -IV. När redoxförhållandena ändras från reducerande till oxiderande kan föreningar vars omsättning bromsats eller helt avstannat komma att omsättas igen. Detta går tämligen fort hos exempelvis fettsyror som kan ansamlas i vissa anaerobt lagrade organiska material (Kirchmann & Lundvall, 1993).

## 2.4. C/N förhållanden

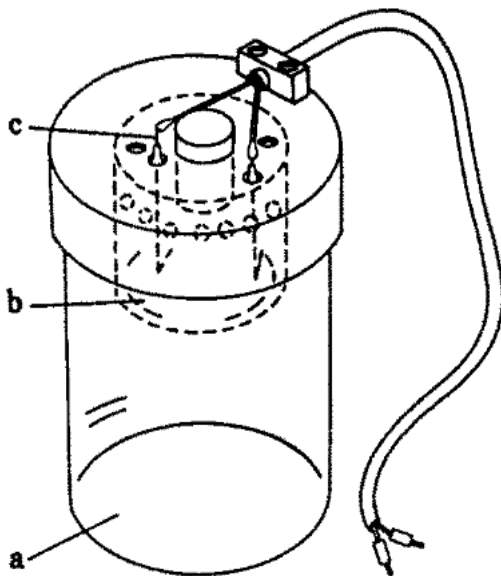
Efter tillsatt organiskt material ökar alltså nedbrytningshastigheten med mängden lättomsättbara substrat. Omsättningen anpassas sedan utifrån tillgången på näringsämnen som kväve (Eriksson et al., 2011). Omsättningen av organiskt material kan antingen leda till en näringsmineralisering då organiskt bundna näringsämnen omsätts till oorganisk form, eller till en immobilisering då mineralformen av ett ämne omvandlas till organisk (Eriksson et al., 2011). Vilken av de två processerna som sker beror på vilka substrat markorganismerna har att tillgå. Nettomineralisering sker oftast då det finns ett överskott av mineralet. Kvävemineralisering sker exempelvis vid höga halter N vilket även innebär lägre C/N-kvoter. En C/N-kvot mindre än 20 ger generellt en nettomineralisering av kvävet (Gunnarsson, 2003). Det innebär att det är koltillgången som är begränsande för nedbrytningen och mineralkvävehalten kan öka i jorden. En C/N-kvot större än 30 ger generellt en nettoimmobilisering av kvävet (Gunnarsson, 2003). Det innebär att det är kvävetillgången som är begränsande för nedbrytningen och mineralkvävehalten kommer att minska i jorden. De olika processerna påverkas av kolföreningarna som kolet tillhör och dessa påverkar därför även om det sker en kvävemineralisering eller -immobilisering (Gunnarsson, 2003).

## 2.5. Bestämning av respiration

För att avgöra hur stor respirationen är fångas  $\text{CO}_2$  som markorganismerna frigör då de omsätter kolet i jorden upp och bestäms med hjälp av olika metoder, och i den här studien har en respirometer använts. En respirometer är ett automatiserat sätt för att fånga upp  $\text{CO}_2$  som bildats. Respirometern består av provburkar som var och en har en liten burk fastsatt i locket, en konduktivitetscell. Principen för respirometern är att den mäter en förändring i konduktivitet. Konduktivitetscellen innehåller 10 ml 0,3 M kaliumhydroxid, och när  $\text{CO}_2$  absorberas i hydroxidlösningen förbrukas hydroxidjoner och bildas karbonatjoner vilket minskar lösningens konduktivitet (Nordgren, 1988). Konduktivitetscellen är kopplad till en konduktometer genom två platinaelektroder som mäter KOH-

lösningens elektriska motstånd. Förändringen i konduktivitet är direkt proportionell mot mängden  $\text{CO}_2$  som ackumulerats i KOH-lösningen. Konduktometern mäter respirationen en gång i timmen och sedan registreras alla mätningar i en dator vilket gör att proverna kan samlas in under en oändlig tid (Nordgren, 1988). Däremot kan inte KOH-lösningen absorbera så mycket  $\text{CO}_2$ . Därför behöver lösningen bytas i god tid innan den mäts för att sambandet mellan konduktans och absorberad  $\text{CO}_2$  ska gälla.

Respirationen och konduktansen i KOH-lösningen är temperaturberoende och därför står proverna i ett vattenbad. Det är viktigt att hålla en konstant temperatur på  $20^\circ\text{C}$  så att det inte är en faktor som kan påverka resultatet, se figur 1 och 2 för illustration av respirometerburken.



Figur 1. Respirometerburk (Nordgren, 1988).  
a: Respirometerburk med försökssubstratet.  
b: Konduktivitetscellen fastsatt i locket.  
c: Platinaelektroderna med kabel till konduktometern.



Figur 2. Respirometerburkarna i vattenbad.

## 2.6. Tidigare studier om bokashi

En viktig del i bokashiprocessen enligt systemutvecklarna är tillsatsen av effektiva mikroorganismer, EM (Bokashiworld Sweden AB, 2020). Användningen av EM ska förbättra miljön för markorganismerna vilket ska underlätta omsättningen av organiskt material. Teruo Higa på universitetet Ryukyus i Japan är mannen som utvecklat EM till bokashi. Hans recept är hemligt men det sägs bestå av ett urval av

huvudsakligen fyra olika organismer. Till största del är det mjölksyrabakterier och jästsvampar, men även en liten mängd fotosyntesbakterier och fermenteringssvampar ingår (Mayer et al., 2010). Tidigare studier visar på varierat resultat från användningen av EM i bokashi. En del har visat att EM ökar nedbrytningen av organiskt material och därför även gynnar mineraliseringen av både kol och kväve (Jusoh et al., 2013). Andra har visat att det inte finns någon skillnad på kolmineraliseringen vid tillsatsen av EM (Schenck & Müller, 2009).

En studie där EM tillsattes direkt till jorden antingen tillsammans med rajgräs (*Lolium perenne*), vete (*Triticum aestivum*) eller enbart EM visade inte på några signifikanta skillnader i markens organiska C-innehåll (Schenck & Müller, 2009). Försöket använde sig både av tillsatsen av EM och avdödad EM men kunde inte heller visa på några signifikanta skillnader mellan de två i förhållande till tillsatsen av destillerat vatten (Schenck & Müller, 2009). Några mätningar visade däremot att tillsatsen av EM ökade CO<sub>2</sub>-avgången och därmed markorganismernas aktivitet. Men då markens C-innehåll inte påverkades konstaterades den skillnaden enbart bero på substrattillsatsen och inte att levande organismer tillkom (Schenck & Müller, 2009). En annan studie visade däremot på signifikanta skillnader då EM tillfördes till en aerob komposteringsprocessen av rishalm (*Oryza sativa*) jämfört med då EM inte tillfördes (Jusoh et al., 2013). Tillförseln av EM till kompostbehandlingen ökade dess näringshalt (N, P, K och Fe) jämfört med då EM inte tillfördes. Temperaturen i komposten med EM var också högre vilket ansågs vara ett till tecken på att EM höjde den mikrobiella aktiviteten i komposten. Komposten med EM hade en minskning på 49 % av det organiska kolet medan komposten utan hade en minskning på 36 % vid försökets slut efter nittio dagar (Jusoh et al., 2013). Studien visade på att kompostbehandlingarna med EM förlorade mer kol än dem utan EM vilket antyder att tillförseln av EM ökar mineraliseringen i kompostprocessen (Jusoh et al., 2013).

Den största skillnaden mellan bokashi och kompostering är syretillgången. Som tidigare nämnts skapas bokashi främst under frånvaro av syre medan kompostering är en aerob process där syre oftast finns att tillgå. Det är därför intressant att se respirationsskillnader mellan anaerobt och aerobt skapat material vid efterföljande användning. En studie där respirationen från en jord där rötresten som skapats i en anaerob process jämfördes med respirationen från en jord där aerob kompost tillsattes har därför studerats. Studien visade på signifikant högre respiration från jord där rötresten tillfördes jämfört med jord där kompost tillfördes (Tambone & Adani, 2017). Komposten innehöll mer komplexa och därför svårnedbrytbara kolstrukturer jämfört med rötresterna; rötresterna innehöll mer alifatiska kolföreningar än komposten, medan komposten innehöll mer aromatiska kolföreningar än rötresterna tillfördes (Tambone & Adani, 2017). Detta skapade en långsammare mineralisering av komposten eftersom omsättningen av alifatiska

kolföreningar går snabbare för markorganismerna jämfört med aromatiska kolföreningar (Tambone & Adani, 2017).

## 3. Material och metod

För att testa hypoteserna har en inkubationsstudie genomförts där de fyra olika försökssubstratens respiration har mätts under fyra veckor. Respirationen från materialet uttrycks som andel respirerat C av tillsatt C. Det var ett fullständigt randomiserat försök där totalt fyra replikat av vardera försöksled studerades med två labbreplikat av vardera.

### 3.1. Material

#### 3.1.1. Jorden

Jorden som använts i försöken kom från Rådde (57°36'N, 13°15'E). Det var en jord på gränsen mellan måttligt mullhaltig och mullrik lerig morän (Dahlin et al., 2015). För försöken hade jorden sållats genom ett 2 mm sikt för att enbart använda partiklar som klassas som sand eller finare. Jorden hade en vattenhållande förmåga (WHC) på 51 g/100 g torr jord. Jorden hade en kvävehalt på 0,28 % och en kolhalt på 3,5 % (Dahlin et al., 2015). Det resulterade i en C/N-kvot på 12,5. Jorden hade hämtats från fältlokalen sommaren 2019, sållats och sedan förvarats fryst till två veckor före försöksstarten. Den flyttades då till rumstemperatur för en förinkubation så att effekten av frysningen och upptiningen skulle avklinga.

#### 3.1.2. Försökssubstraten

Försökssubstraten som användes framställdes genom fyra olika omsättningsmetoder, de fyra försöksleden; marknadsförd bokashi med levande ymp (BY), bokashi med avdödad ymp (DY), bokashi utan ymp (EY) samt traditionell kompost (KOM). Ympen som användes var bokashiströ från Bokashiworld Sweden AB, tillverkad av vetekli förädlad med EM (Bokashiworld Sweden AB, 2020). Den avdödade ympen skapades genom att torka bokashiströ i 120°C under två timmar. De fyra försöksleden skapades alla av samma råvaror; grovripen vinterpotatis och kattmat (Hill's Vet Essentials Mature Adult 7+ Chicken) i pelletsform med proportionerna 2:1 i färskvikt. Det skapades fyra hinkar av varje omsättningsmetod och för att säkerställa ett representativt prov från varje

hink togs två labbreplikat från vardera till inkubationen. Det inkuberades därför totalt åtta prover för varje försöksled.

De olika försöksledens torrsubstans (TS) varierade. Till försöken tillsattes samma mängd organiskt material (0,1 g TS) vilket innebar att mängden färskt material som tillsattes varierade (tabell 1).

*Tabell 1. De fyra olika försöksleden och deras egenskaper i form av TS-halt och C-halt. Användes för att beräkna hur mycket C som tillsatts till försöksleden.*

Försöksled	TS-halt (%)	C-halt (%)	Uppvägt färskmaterial (g)	Uppvägt TS-material (g)	Mängd tillsatt C (g)
BY	45,1	48,5	0,222	0,10	0,049
DY	46,3	48,6	0,217	0,10	0,049
EY	45,4	48,1	0,221	0,10	0,048
KOM	60	48,6	0,167	0,10	0,049

### 3.1.3. Skapande av försökssubstraten

Till inkubationsstudien skapades det fyra bokashihinkar av varje bokashimetod, det vill säga totalt tolv bokashihinkar. Till varje bokashihink tillsattes 1,4 kg material vid sju tillfällen med tre dagars mellanrum. Materialet innehöll två delar riven potatis samt en del kattmat. Totalt skapades hinkarna under en period på 19 dagar och den totala mängden material blev 9,8 kg per hink. Till bokashihinkarna BY och DY tillsattes även 2 msk bokashiströ vid varje tillfälle som hinkarna fylldes med material. Efter att allt material tillsatts vilade hinkarna i 24 dagar. Den totala produktionstiden för skapandet av bokashimaterialet blev därmed 43 dagar. Bokashimaterialet skapades i en temperatur som varierade kring 18,5–20,5 °C. Efter att materialet skapats, omblandades det väl och ett delprov togs ut för analys. Resten förvarades i frys under sex dygn innan försökets start för att kvaliteten som användes för försöket skulle motsvara den som lämnats till analys.

Det skapades fyra komposter, till varje komposthink tillsattes 2,5 kg riven potatis samt 1,25 kg kattmat. Det tillsattes även 1 msk kompostymp skapad utifrån 1 dl gammal mogen kompost och 1 dl ung aktiv kompost som skakats med 2 dl vatten till varje hink. En 1,5 L Sia-glasslåda klippt i 1 cm breda remsor tillsattes till komposten för att skapa struktur samt underlätta syresättningen. Komposten blandades runt varannan dag under den första veckan, och sedan en gång i veckan under resten av produktionstiden. Platsen där komposten förvarades varierade och därmed även temperaturen. Första veckan stod komposten inomhus i ca 18 °C. Nästkommande sju veckor stod komposten i en källare i ca 5 °C. Följande fem



veckor stod komposten i ett kallväxthus där den torkade upp från att tidigare varit mycket blöt. De sista två veckorna stod komposten återigen inomhus i ca 18 °C. Totala processtiden för skapandet av kompostmaterialet blev 99 dagar. Det hann inte bli en mogen kompost under denna produktionstid, men det är den som använts i försöken och den kommer att refereras till som kompost i denna rapport. Efter att materialet skapats, homogeniserades även det och ett delprov togs ut. Ett mindre delprov togs från detta och frystorkades. Resten förvarades i frys under åtta dygn för att kvaliteten som användes för försöket skulle motsvara den som lämnats till analys.

Tabell 2. Kolmängd i de fyra produkterna som använts i försöket fördelat på de tre råvaror som skapat försöksleden, samt deras totala kolinnehåll.

Försöksled	Kolmängd (g) i råvaran			
	Potatis	Kattmat	EM-ymp	Totalt
BY	639	1478	7,0	2124
DY	639	1478	7,0	2124
EY	639	1478	-	2117
KOM	201	565	-	766

## 3.2. Metod

### 3.2.1. Försökssuppställning

Studien omfattade inkubation av 44 respirationsburkar; åtta med respektive försökssubstrat blandat med jord, åtta med enbart jord och fyra tomma burkar. Innan försökssubstraten tillsattes till respirometerburkarna behövde aktiviteten i jordens egen omsättning mättas. För att ta reda på basaktiviteten i jorden tillsattes 20 g TS jord till 40 respirometerburkar. Till jorden tillsattes 3,5 ml avjoniserat vatten så att jorden uppnådde 60 % av sin WHC. De 40 burkarna med jord inkuberades under sex dygn för att effekten av uppfuktningen skulle avta. Efter sex dygn namngavs burkarna och placerades på sin korrekta plats utifrån en slumpfunktion i Excel och inkuberades under ytterligare ett dygn.

Försökssubstratet tillsattes sedan enligt tabell 3 (appendix 1). Det fanns fyra hinkar av varje omsättningsmetod vilket resulterade i åtta respirometerburkar av varje metod då två replikat användes från varje hink. Till varje respirometerburk tillsattes 0,1 g TS av försökssubstratet, det innebar i genomsnitt 0,22 g färskt material från bokashimaterialet och 0,17 g från kompostmaterialet. För att få fram material skavdes det ett tunt snittprov genom varje hinks material som sedan hackades ytterst fint. Respirometerburkarna med jordproverna togs upp ur respirometern så att det

frysta, finhackade organiska materialet kunde tillsättas direkt i respirometerburken. I genomsnitt tillsattes det 49 mg C till varje försöksled. När alla burkarna fått sitt organiska material blandades det ned i jorden genom att burken knackades mot bordet fyra gånger medan den snurrades ett helt varv, en knackning per kvarts varv.

### 3.2.2. Mätning av respiration och byte av KOH

Respirationen från varje burk mättes automatiskt en gång i timmen genom hela försöket. Respirometern var kopplad till en dator vilket gjorde att respirationen kunde läsas av direkt när den mättes, respirationen visades i både  $\mu\text{g CO}_2\text{-C h}^{-1}$  och ackumulerad  $\text{CO}_2\text{-C}$ . Som tidigare nämnts kunde KOH-lösningen bli mättad på  $\text{CO}_2$  och behövde bytas innan den ackumulerade mängden  $\text{CO}_2\text{-C}$  översteg 13 mg. Lösningen byttes fem gånger under inkubationsstudien, en gång efter att burkarna flyttats till sin korrekta position samt fyra gånger efter att försökssubstraten tillsatts. Vid byte av KOH-lösningen stoppades den dåvarande körningen. En propp i burklocket avlägsnades för att komma åt att suga upp KOH-lösningen ur konduktivitetscellen från alla fyrtiofyra proverna. Burken vinklades något och slangen stoppades ned i ungefär fem sek för att suga upp KOH-lösningen. Locken från en rad i respirometern, det vill säga sex burkar, skruvades av och placerades åt sidan. Burkarna fläktades tio gånger så att nytt syre tillfördes, locken skruvades på och burkarna placerades åter i respirometern. När alla burkar luftats kunde en ny körning startas. Det tillsattes 10 ml 0,3 M KOH till varje burk innan propparna sattes tillbaka och en ny mätning kunde starta. Den KOH som användes förvarades i vattenbadet för att försöka hålla korrekt temperatur vid 20 °C vid tillsättningen. Scanningen startades manuellt via datorn.

### 3.2.3. Beräkningar

För att ta reda på varje försökssubstrats egen respiration behövde mätvärdena korrigeras. Som tidigare nämnts mättes jordens basrespiration från varje respirationsburk, alltså respirationen från enbart jorden i ostört tillstånd. Vid framräkning av basrespirationen användes de senaste sju mätvärdena från tiden innan försökssubstratet tillsattes. Basrespirationen var i genomsnitt 0,005  $\text{mg CO}_2\text{-C h}^{-1}$  och ett liknande värde subtraherades från varje data-punkt för respektive försökssubstrat. Förutom att korrigera utifrån basrespirationen korrigerades mätvärdena också utifrån åtta negativa kontroller. De negativa kontrollerna var respirometerburkarna utan tillsatt försökssubstrat, det vill säga de med enbart jord. De negativa kontrollerna respirerade i genomsnitt -0,00058  $\text{mg CO}_2\text{-C h}^{-1}$  under inkubationsstudien. Att subtrahera den negativa kontrollen gjorde så att fluktuationen i jordens respiration kunde räknas bort från försökssubstratens respiration, vilket skapade en möjlighet att se respirationen enbart från det tillsatta organiska materialet. Till sist interpolerades även saknade och uppenbarligt

felaktiga värden innan mätvärdena var redo att analyseras. Som tidigare nämnts missades mätningarna i samband med lutbyte. Dessa värden ersattes med ett medelvärde från tidigare och senare mätningar. Utifrån de fyra tomma burkarna gick det lättare att se när bruset från bytet minskat och vilka värden som därför behövde interpoleras. Det fanns framförallt tre mättillfällen med konstiga värden i alla försöksleden. Då alla försöksled hade liknande brus interpolerades även dessa värden. Då mätfelen inte var beroende av substrat verkar det ha varit något mätfel från instrumentet och inte något biologiskt.

Respirationen avlästes i  $\text{mg CO}_2\text{-C h}^{-1}$  respirerat för tiden. Då försökssubstratet tillsattes utifrån TS-halt och inte C-halt varierade deras kolinnehåll något. För att förtydliga resultatet och göra det mer jämförbart omvandlades mätvärdena till andel respirerat C i förhållande till tillsatt C, så att alla respirationsvärden blev jämförbara.

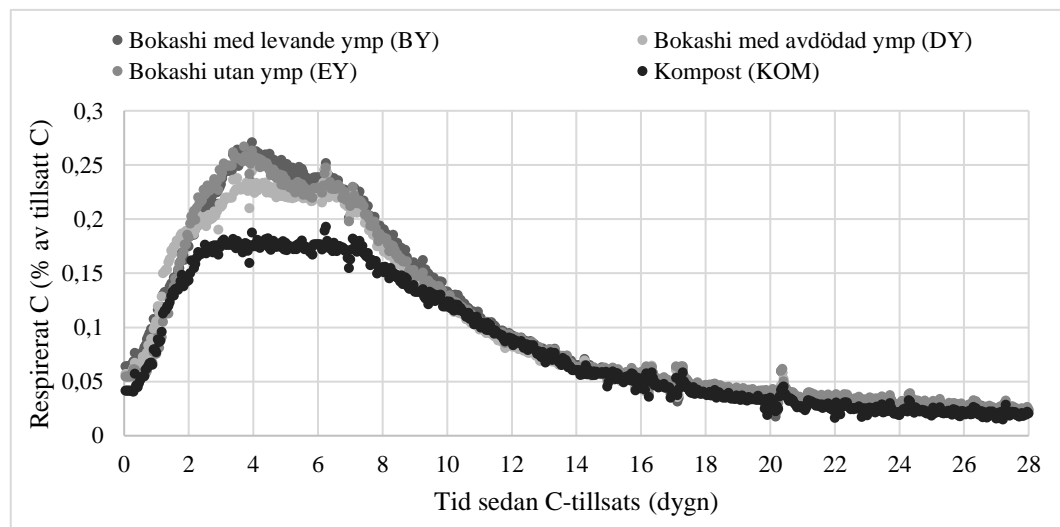
#### 3.2.4. Statistisk analys

Varje försöksled hade åtta respirometerburkar, det var fyra hinkar med två labbreplikat från varje. För statistikanalysen användes ett medelvärde för labbreplikaten så att det totalt var fyra mätvärden från varje försöksled som analyserades. Statistikprogrammet JMP användes för att analysera skillnaden i respirerat C både per dygn, vecka och totalt för de olika försöksleden. Vid analysen ansågs variabler med ett p-värde mindre än 0,05 vara signifikant skilda. Vid analys av alla fyra omsättningsmetoderna användes Tukeys HSD test för att identifiera signifikanta skillnader. Det gjordes även ett test av hur bokashimetoden i stort skildes sig från kompostmetoden genom student t-test där samtliga bokashimaterial behandlades som ett försöksled vid analysen. JMP gav också ett mått på standardavvikelsen för varje mättillfälle.

## 4. Resultat

Material från alla fyra försöksleden gav en snabb ökning av respirerat C uttryckt som procent av tillsatt C i början av försöket (figur 3). Ungefär fyra dygn in i försöket hade alla försöksleden nått sin högsta respiration. Andel respirerat C låg då mer eller mindre stabilt under tre dygn innan den stadigt började att minska. Kompostledet nådde sin respirationstopp omkring ett dygn innan de olika bokashileden. Komposten låg sedan på en jämn nivå under fyra dygn och andelen respirerat C började därför minska ungefär samtidigt som för de andra försöksleden.

Den största skillnaden i medelrespiration mellan de fyra försöksleden fanns under den första veckan (figur 3). Fram till det åttonde dygnet hade försöksleden ett eget mönster för att sedan bli snarlika varandra. BY-ledet och EY-ledet uppvisade en andra respirationstopp som de andra två försöksleden saknade. De visade även mindre skillnad sinsemellan även under den första veckan.

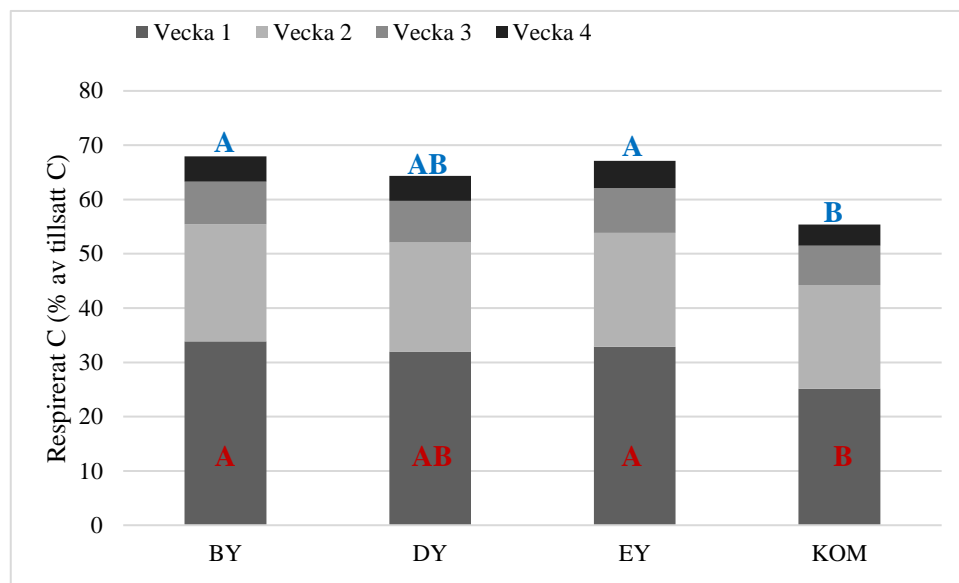


Figur 3. CO<sub>2</sub>-C-avgång för varje timme under hela försöksperioden (4 veckor) uttryckt som procent av tillsatt C. Varje kurva representerar medelrespirationen från ett försöksled.

Vid försökets slut fanns det en signifikant skillnad (p-värde 0,0247) mellan försöksledens totala CO<sub>2</sub>-C-avgång. BY-ledet och EY-ledet hade en signifikant högre respiration än KOM-ledet. BY-ledet hade den största andelen respirerat C på 68 % av tillsatt C och KOM-ledet hade den minsta andelen respirerat C på 55 % av

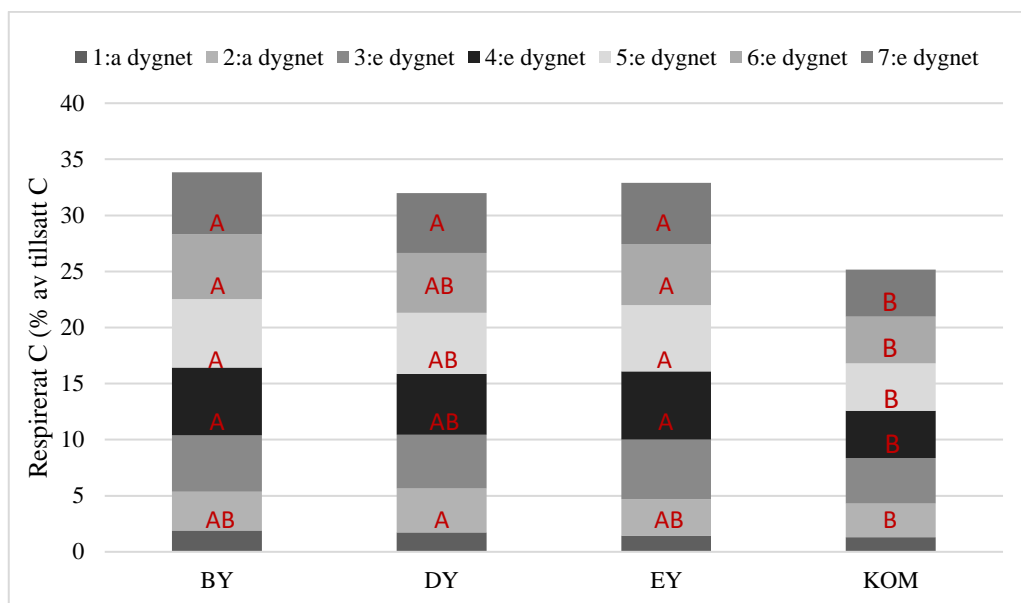
tillsatt C (figur 4). KOM-ledet hade även en signifikant (p-värde 0,0210) lägre mängd respirerat C än BY-ledet och EY-ledet under första veckan, och denna skillnad var tillräckligt stor för att hela försöket skulle visa sig signifikant skilt (dvs. den totala ackumulerade CO<sub>2</sub>-C-avgången). DY-ledet intog en mellanställning mellan KOM-ledet och de andra två bokshileden (BY och EY) och skiljde sig inte signifikant från någon av försöksleden vare sig totalt eller under den första veckan.

Respirationen från BY-ledet och EY-ledet var mycket snarlika under hela försöksperioden. KOM-ledet hade den lägsta respirationen varje vecka men skillnaden var signifikant endast den första veckan.



Figur 4. CO<sub>2</sub>-C-avgång för varje vecka under hela försöksperioden (4 veckor) uttryckt som procent av tillsatt C. Veckorna är staplade på varandra för att även visa den ackumulerade CO<sub>2</sub>-C-avgången för hela försöket. De röda bokstäverna representerar den statistiskt signifikanta skillnaden per vecka och de blå den för hela försöksperioden. Försöksled som inte delar bokstav inom respektive vecka är signifikant olika.

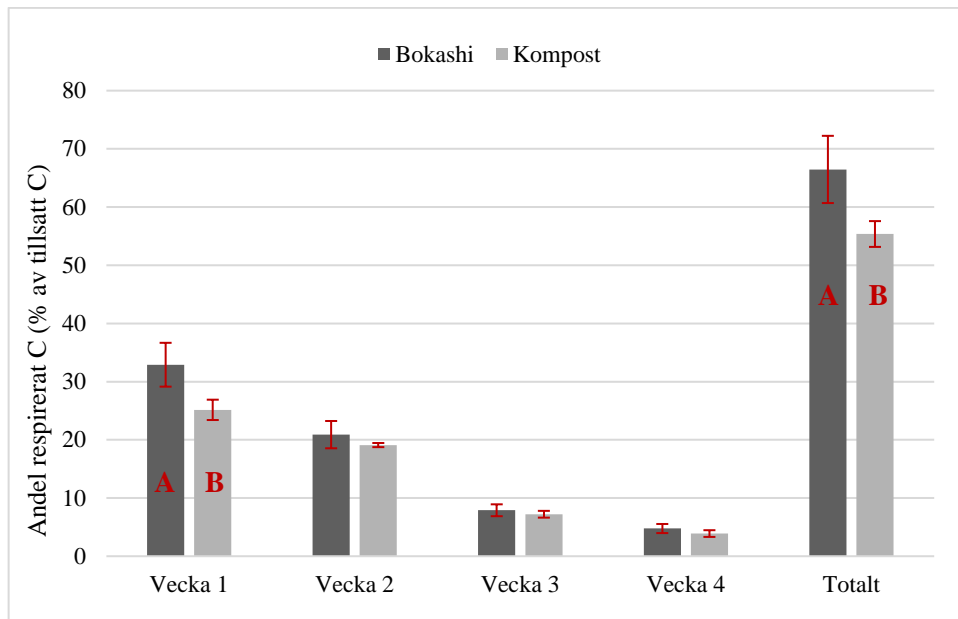
För att få en tydligare bild av skillnaderna under försökets första vecka delades respirationen upp per dygn (figur 5). Det fanns då många signifikanta skillnader mellan de olika försöksleden. Det fanns en signifikant skillnad (p-värde 0,021) under det andra dygnet mellan KOM-ledet och DY-ledet. Det fanns även en signifikant skillnad (genomsnittligt p-värde 0,0167) under det fjärde-sjunde dygnet mellan KOM-ledet och BY-ledet samt EY-ledet. Det var enbart under det första dygnet som det inte gick att se någon signifikant skillnad mellan metoderna då p-värdet låg precis kring signifikansnivån 0,05.



Figur 5. CO<sub>2</sub>-C-avgång för varje dygn under försökets första vecka uttryckt som procent av tillsatt C. Dygnen är staplade på varandra för att även visa den ackumulerade CO<sub>2</sub>-C-avgången för den första veckan. De röda bokstäverna representerar den statistiskt signifikanta skillnaden. Försöksled som inte delar bokstav inom respektive dygn är signifikant olika.

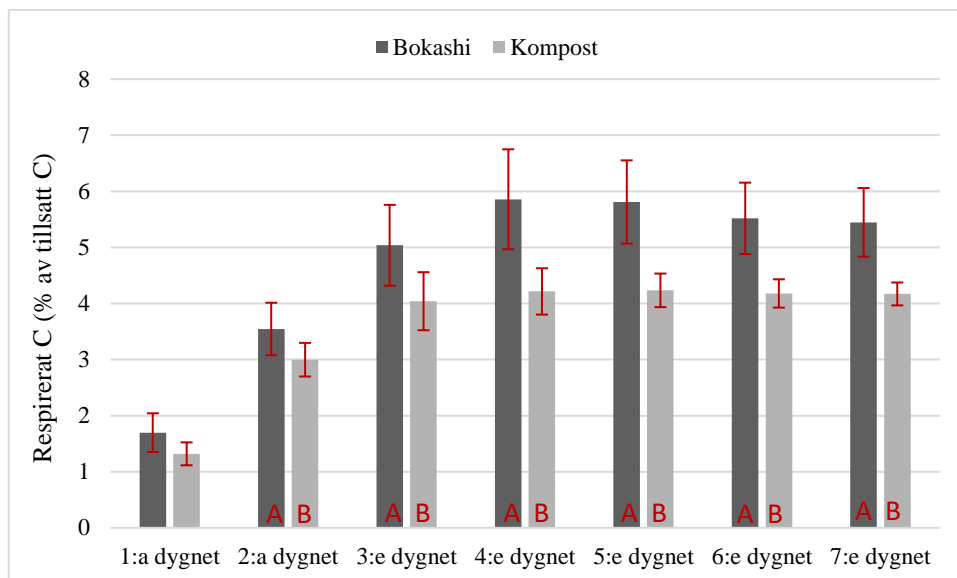
#### 4.1. Skillnad mellan bokashi och kompost

Bokashimaterialen hade en signifikant (p-värde 0,0016) högre respiration än kompostmaterialet under den första veckan (figur 6). Försöksleden med bokashimaterial respirerade då 31 % mer kol än det med kompostmaterial. Bokashimaterialen hade även högre medelrespiration de tre senare veckorna men skillnaden var inte signifikant. Försökets fjärde vecka var dock nära signifikansnivån med p-värdet 0,064. Den signifikanta skillnaden som uppvisades under försökets första vecka var tillräckligt stor för att de två behandlingsmetodernas ackumulerade respiration skulle skilja sig signifikant (p-värde 0,0025). Totalt hade försöksleden med bokashimaterial respirerat 20 % mer kol än det med kompostmaterial under tiden i jorden.



Figur 6. CO<sub>2</sub>-C-avgång för varje vecka under hela försöksperioden (4 veckor) uttryckt som procent av tillsatt C. De röda stolparna visar standardavvikelsen inom de två metoderna. De röda bokstäverna representerar den statistiskt signifikanta skillnaden. Behandlingsmetoder som inte delar bokstav inom respektive vecka är signifikant olika.

Då skillnaderna var som störst under den första veckan analyserades även CO<sub>2</sub>-C-avgång från varje dygn under den första veckan. Kompostmaterialet hade en signifikant (genomsnittligt p-värde 0,0131) lägre andel respirerat C än bokashimaterialen under det andra-sjunde dygnet (figur 7). Försökets första dygn var nära signifikansnivån med p-värdet 0,0605. Kompostmaterialet hade även en mindre standardavvikelse mellan replikaten än vad bokashimaterialen hade vilket resulterade i de kortare y-felstolparna i figur 7.

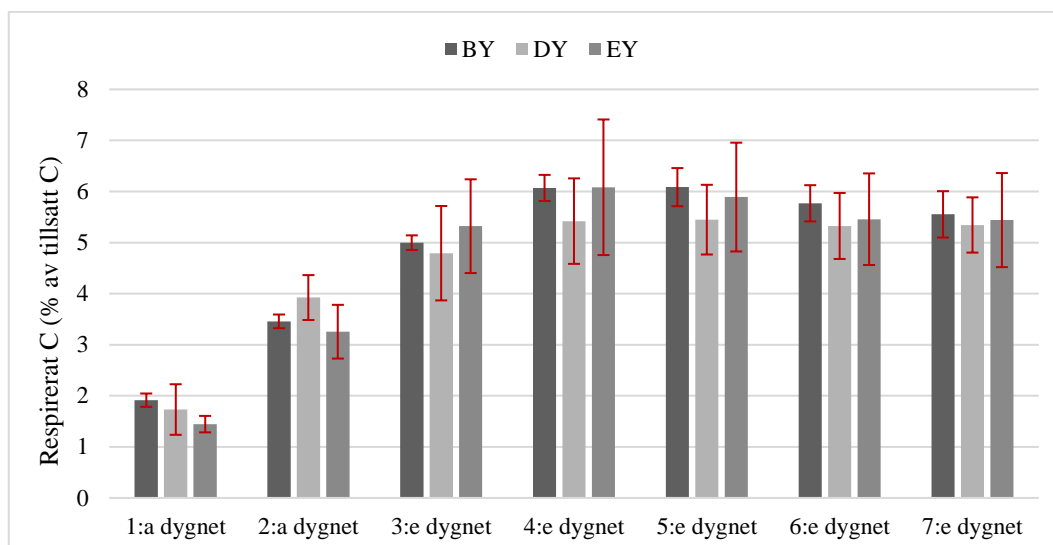


Figur 7. CO<sub>2</sub>-C-avgång för varje dygn under försökets första vecka uttryckt som procent av tillsatt C. De röda stolparna visar standardavvikelsen inom de två metoderna. De röda bokstäverna representerar den statistiskt signifikanta skillnaden mellan behandlingarna för varje dygn. Behandlingsmetoder som inte delar bokstav inom respektive dygn är signifikant olika.

## 4.2. Effekten av EM

Bokashileden hade ingen signifikant skillnad i andel respirerat C under försöket. Som nämnts tidigare fanns den största skillnaden mellan försöksleden under den första veckan, men inte heller där fanns det någon signifikant skillnad mellan de tre bokashimaterialen. Det fanns däremot en relativt stor spridning mellan replikaten inom varje försöksled. De röda y-felstolparna i figur 8 visar på varje försöksleds standardavvikelse. BY-ledet hade vanligen den minsta standardavvikelsen och EY-ledet hade den största standardavvikelsen.





Figur 8. CO<sub>2</sub>-C-avgång för varje dygn under den första veckan av försöket uttryckt som procent av tillsatt C. De röda staplarna representerar standardavvikelsen för varje försöksled och dygn.

### 4.3. Total C-avgång från råvaran

Denna delstudie har fokuserat på hur bokashins respiration i jorden skiljer sig mot kompostens. För att kunna säga något om bokashis totala avgång av CO<sub>2</sub>-C behövs resultaten från den första delstudien (Hillberg, pågående), som bl.a. fokuserat på bokashins respiration under produktionsfasen.

Resultatet från produktionsfasen visade att komposten i genomsnitt respirerade 33 % av tillsatt C, medan bokashin i genomsnitt respirerade 0,13 % av tillsatt C, vilket påverkade resultatet. Komposten respirerade i genomsnitt 55 % av det tillsatta kolet under tiden i jorden, vilket representerar 37 % av ursprungsråvaran, medan bokashin som knappt hade någon respiration under produktionen fortfarande respirerade 66 % av ursprungsråvaran under tiden i jorden. Bokashi hade däremot totalt kvar 34 % av den ursprungliga C-mängden och komposten hade kvar 30 % av den ursprungliga C-mängden vid inkubationsstudiens slut.

## 5. Diskussion

Syftet med försöket var att identifiera skillnader i respirerat C från jord behandlad med bokashi och jord behandlad med traditionell kompost. Genom att jämföra respirationen har rapporten försökt att utvärdera om den minskande CO<sub>2</sub>-C-avgången från bokashin jämfört med komposten under produktionsfasen följs av en större andel respirerat C efter inblandning i jorden, vilket på sikt skulle minska dess klimatsmarthet genom att utjämna den mängd kol som avgår respektive förblir i jorden. Hypotesen var att respirationen från bokashi skulle vara större än den från komposten under den tid då produkten blandades med jord. Försöket testade även om det fanns någon skillnad i respiration beroende på hur bokashi skapades för att ta reda på effekten av de tillsatta så kallade Effektiva Mikroorganismerna.

### 5.1. Respiration från bokashin jämfört med kompost

Under tiden i jorden respirerades i genomsnitt 66 % av tillsatt C från bokashimaterialet, och 55 % av tillsatt C från kompostmaterialet. Anledningen till att respirationen i jorden var större för bokashimaterialet var troligtvis att materialet förflyttades från en reducerande miljö i bokashihinken till en oxiderande miljö i jorden. Under bokashinsproduktionen bromsades omsättningen av organiskt material då andra mindre energirika elektronmottagare än syre användes. När redoxförhållandena ändrades och bokashin fick tillgång till syre i jorden ökade omsättningen igen. Lättnedbrytbara kolföreningar omsattes först, och då bokashin i princip inte respirerade något under produktionsfasen fanns det troligtvis mer lättnedbrytbart kol i bokashimaterialet vid inblandning i jorden, och därför var bokashins respiration då också större än kompostens. Den största respirationsskillnaden mellan de två omsättningsmetoderna inträffade under försökets första vecka, bokashin respirerade då 31 % mer C än komposten. Detta skulle kunna förklaras med bokashins högre innehåll av lättnedbrytbart organiskt material vid inblandning i jorden.

Resultatet från denna studie visar att bokashimaterialet respirerade 20 % mer C under tiden i jorden jämfört med kompostmaterialet. Det talar för hypotesen om att bokashi har en högre respiration i jorden jämfört med komposten. Då data från

produktionsfasen adderas visar det sig däremot att komposten totalt respirerade 70 % av tillsatt C, medan bokashin respirerade 66 % av tillsatt C. Resultaten är nu snarlika varandra och det blir svårt att avgöra vilket som är det klimatsmartare alternativet sett ur perspektivet kolinlagring i jorden. Analysdata från produktionsfasen bör dock tolkas försiktigt och en uppföljande studie genomföras. En längre inkubation vore även fördelaktigt för att se hur stor CO<sub>2</sub>-C-avgången totalt blir för de två metoderna.

## 5.2. EM:s påverkan

Bokashiförespråkarna anser att inympandet av EM är en viktig del för bokashins effektivitet och bokashiströt sägs vara avgörande för metodens resultat (Bokashiworld Sweden AB, 2020). Därför var ett av syftena med rapporten att ta reda på hur effektiv inympningen av EM till bokashin var. För att analysera detta användes tre olika bokashiled: den marknadsförda bokashin med levande ymp, en bokashi med avdödad ymp samt en bokashi helt utan tillsatsen av ymp. Resultatet visade inte någon statistiskt signifikant skillnad mellan de olika försöksleden. Det finns därför inget stöd från denna rapport om att inympandet av EM skulle öka markorganismernas aktivitet. Det finns ett stort antal mikroorganismer i jorden, och variationen av mikroorganismer är anpassade till jorden i fråga. Det finns alltså redan organismer som bidrar till omsättningen av bokashin vilket gör att organismerna som tillförs med ympen inte få så stort genomslag. Detta stärker hypotesen om att EM inte har någon påverkan på bokashins respiration efter inblandningen i jorden.

Så som försöket genomfördes gick det inte att säkerställa någon signifikant skillnad mellan bokashimaterialen, med fler replikat eller mindre spridning inom försöksleden hade det kanske kunnat peka på en skillnad. Dock var det biologiska system som undersöktes och det fanns det en naturligt stor spridning inom försöksleden. Spridningens storlek tenderade att skilja sig mellan de tre försöksleden, där BY-ledet hade en genomsnittlig standardavvikelse på 1,6 under försökets fyra veckor, och DY-ledet och EY-ledet hade genomsnittlig standardavvikelse på 2,2 respektive 2,3. Tittar man per dag var spridningen ännu större, men fortfarande tenderade BY-ledet att ha den lägsta standardavvikelsen. Det kan alltså finnas en tendens till att tillförseln av EM skulle kunna skapa en jämnare respiration från bokashin, kanske som en följd av en jämnare process under produktionsfasen.

### 5.3. Förbättringsmöjligheter

Ett av de största problemen med försöket var tidsbrist. När försöket med de organiska materialen inleddes hade jorden ännu inte nått en stabil basrespiration. En medelrespiration på  $0,005 \text{ CO}_2\text{-C h}^{-1}$  användes, men respirationen mellan de fyrtio burkarna varierade med en standardavvikelse på  $\pm 0,003$ . Med den variationen hann jorden troligtvis inte komma ner i den stabila basaktiviteten innan försökssubstratet tillsattes, något som gjorde mätvärdena för basrespirationen osäkra. Respirationen var dock jämfört med försökssubstraten mycket låg och den justerades för via den negativa kontrollen, men genom att låta försöken med jord köra längre innan tillsatsen av organiskt material hade osäkerheten kring basrespirationen från varje burk minskat. Basrespirationen är så avgörande för resultatet då alla mätvärden korrigerades utifrån den, detta eftersom substratens egen respiration var det som studerades och jordens grundaktivitet därför behövde bortses ifrån.

Tidsbristen ledde även till att en omogen kompost användes. Detta påverkade först resultatet då en mogen kompost hade respirerat mer under produktionsfasen, vilket skulle skapat ännu större skillnader mellan materialtypernas respiration i jorden. För att få ett mer generellt resultat av jämförandet mellan bokashimaterialet och kompostmaterialet hade det därför varit önskvärt att använda en mer mogen kompost. Tidsbegränsningen gjorde även att försöket behövde avslutas efter fyra veckors inkubation av materialtillsatsen. Det gör det svårt att säga något säkert om vilket material som på lång sikt respirerar minst och därför potentiellt kan ge mest kol till jorden.

Denna studie genomfördes genom två delstudier, och på grund av den knappa tidsramen tvingades försöket att starta innan kolhalts data från försökets första del kunde utläsas. Detta skapade en svårighet i att tillsätta samma mängd organiskt kol till varje försöksled. Istället för att anpassa tillsatsen av material till kolhalten fick TS-halten användas, det gjorde att samma mängd material tillsattes men det fanns då osäkerheter i den exakta kolhalten. Det visade sig i efterhand att kolhalterna endast skiljde marginellt, så skillnaderna i tillsatt kol blev inte så stora. För att ändå säkerställa att resultaten var jämförbara räknades respirationen om utifrån den mängd som faktiskt tillsattes, så att alla mätvärden korrigerades till andel respirerat C av tillsatt C.

Innan försöket startade gjordes ett förtest för att uppskatta bokashins respiration. Behandlingsmetoden uppmätte en mycket hög respiration vilket gjorde att mängden tillsatt material till det riktiga försöket behövde minskas, för att KOH-lösningen inte skulle behöva bytas flera gånger under försökets första dagar. Senare när inkubationens aktivitet minskat gjorde de små mängderna organiskt material att det

var svårt att urskilja respirationen från bakgrundsbruset. En större mängd tillsatt organiskt material hade gjort det lättare att mäta respirationen men det hade även krävts mer arbete. Fler KOH-byten hade också skapat fler mätluckor då respirationen inte går att avläsa under tiden som bytet sker, och detta hade inträffat under den första veckan när aktiviteten och skillnaderna mellan försöksleden var som störst. Det var alltså en avvägning mellan att byta KOH ofta och riskera att få sämre mätresultat i början av försöket men som håller hög mätnoggrannhet under en längre tid, eller att få färre KOH-byten tidigt under försöket men efterhand få respirationsnivåer som var i lägsta laget.

Resultatet visar en tämligen stor spridning inom de olika försöksleden. En anledning till detta kan bero på den lilla mängden substrat som tillsattes till respirometerburkarna. Även om substratet var väl omblandat minskar chansen till ett homogent och representativt prov då en liten mängd material används. För att justera för konstiga mätvärden och för potentiellt låg representativitet i den lilla substratmängden som tillsattes joden användes två labbreplikater för varje replikat i försöket. Då båda försöken följde samma mönster visade det på en biologisk variation som sannolikt återspeglade de olika substratens genomsnittliga kvalitet. Dock skiljde labbreplikaten ibland, och det var oklart vilket replikat som uppvisade ett representativt värde. För att bättre korrigera för detta hade fler labbreplikater kunnat användas i försöket.

Det fanns också en hel del brus i respirometerns mätningar. I figur 3 hade de mest extrema mätvärdena korrigerats men ändå gick det att se en hel del stök i respirationens kurva. En mer avskild plats för respirometern hade kanske kunnat hjälpa mot detta. Respirationen är mycket känslig för temperaturförändringar, och om respirometern skulle stått mer avskilt hade den blivit utsatt för mindre kontakt med människor och varierande luftdrag vilket kan vara en anledning till bruset.

## 5.4. Möjlighet till implementering

Även om det är svårt att säga något om bokashins möjlighet att behålla kolet i marken på lång sikt är all typ av kompostering med efterföljande användning som jordförbättring en bättre avfallshantering än deponi. Med tanke på allt bioavfall som går förlorat vore det ur ett kretsloppsperspektiv bättre att återföra bioavfallet till jorden. Bokashin respirerade signifikant mer C av tillsatt C för tiden i jorden, men inräknat produktionsfasen är metoderna snarlika i sin respiration vilket gör att deras totala CO<sub>2</sub>-C-avgång är jämförbar.

Något som talar för bokashi är dess smidighet, en bokashihink går att förvara under diskbänken i en lägenhet medan en kompost kräver mer plats. Detta kan leda till att

fler har möjlighet att använda en bokashihink än att skapa en kompost och det kan i sin tur göra att bokashi får en större positiv klimatpåverkan. Bokashi frigör lika mycket kol som komposten men bokashi ökar möjligheten för att mer matavfall tas om hand om. Det gäller däremot förstås att bokashi- eller kompostmaterialet sedan kan komma till användning, inte bara att det skapas, för att det ska bidra till ett mer cirkulärt samhälle.

Det är svårt att utifrån dessa resultat rekommendera en metod framför den andra, men det är i alla fall bättre att växtnäringsresterna nyttjas än att de kastas bort. Utifrån resultatet i denna rapport är kompostering ett klimatsmartare alternativ än bokashi under tiden som materialet blandas i jorden, detta eftersom komposten hade en lägre respiration och därför bidrog mindre till atmosfärens CO<sub>2</sub> halt. Sett ur hela produktionstiden och med aspekten kolinlagring i jorden som det klimatsmarta alternativet finns det däremot ingen tydlig vinnare. Metodernas totala inverkan på klimatet påverkas även av flera faktorer än enbart deras CO<sub>2</sub>-C-avgång. Omsättningen av organiskt material under bokashins reducerande förhållanden kan generera lustgas och metan. Bildandet av dessa växthusgaser påverkar förstås också metodernas klimatsmarthet och i den andra delstudien (Hillberg, pågående) som detta arbete länkar till studerades även produktionen av dessa gaser i bokashihinkarna.

## 5.5. Framtida forskning

Den här rapporten har fokuserat på bokashi som ett klimatsmartare alternativ till kompostering. Utöver de uppföljningar som föreslagits ovan, skulle även fortsatta studier om jordkvaliteten efter en tids användning av bokashi och kompostering kunna undersökas. Tillför bokashi och kompost samma näringsämnen och jordförbättrande egenskaper? Man skulle även kunna ta försöken ännu längre och prova att plantera i de olika försöksleden för att se hur olika grödor reagerar på de två jordförbättrande metoderna. Både tillväxten men även grödornas motståndskraft mot sjukdomar skulle kunna studeras utifrån om de planterats i jord med bokashi eller kompost.

Vid skapandet av de olika produkterna användes så lika råvaror som möjligt, för att produkternas omsättning skulle vara jämförbar. Men bioavfall kan ha väldigt varierande innehåll av mineralnäringsämnen. Därför hade det varit intressant att göra flera försök där bokashi och kompost skapades av andra råvaror testades, för att se om de två metodernas respiration skulle påverkas olika beroende på produktens näringsinnehåll samt kolföreningarnas omsättningshastighet.

## 6. Slutsatser

Resultatet visar på en signifikant högre respiration från bokashimaterialet jämfört med kompostmaterialet under tiden i jorden. Resultatet visar även att den största respirationen inträffade direkt efter tillsatsen av organiskt material, det var även då som respirationsskillnaden mellan de två omsättningsmetoderna var som störst. Efter fyra veckor i jorden hade i genomsnitt 20 % mer kol respirerats från bokashin än från komposten. Det innebär att mindre av bokashins kol fans kvar i marken efter denna tid, men det säger inget om hur mycket kol som kommer att stanna i jorden under en längre tid. Bokashimaterialets respiration var alltså större än kompostmaterialets under tiden i jorden, men kompostmaterialets respiration var större än bokashimaterialets under produktionsfasen. Totalt sett ur perspektivet kolinlagring i jorden så avgick likvärdig mängd CO<sub>2</sub>-C från de två metoderna. Då respirationen från de två metoderna är snarlik för produktionen och fyra veckor i jorden går det inte att utifrån detta säga vilken som totalt sett är det klimatsmartare alternativet.

Det fanns ingen statistiskt säkerställd skillnad mellan de olika bokashimaterialen. Oberoende av om bokashin blivit behandlad med levande ymp, avdödad ymp eller helt utan tillsatsen av ymp fanns det inga statistiska skillnader i deras respiration under försökets fyra veckor. Det fanns därför inget i denna studie som visar att tillförseln av så kallade Effektiva Mikroorganismer skulle påverka bokashins omsättning av det organiska materialet under tiden i jorden.

Även om studien inte kan säga hur mycket kol omsättningsmetoderna kan lagra i marken bidrar båda metoderna till ett cirkulärt hållbart system. All hantering av matavfall där växtnäringsämnen och det organiska materialet tas omhand om är ett mer hållbart och klimatsmart alternativ än deponi. Det viktigaste blir därför att matavfallet omhändertas så att det kan användas, oberoende av vilken metod som används.

## Referenser

- Andersson, T. & Stålhandske, S. (2020). *Matavfall i Sverige*. (ISBN: 978-91-620-8857-6). Svenska MiljöEmissionsData (SMED).
- Bernes, C. (2016). *Växthuseffekten och klimatets förändringar*. Tredje upplagan. Stockholm: Naturvårdsverket. (En varmare värld)
- Bokashiworld Sweden AB *Kökskompostering med bokashi*. Tillgänglig: <<https://www.bokashi.se>> [2020-04-08]
- Bortolotti, A., Kampelmann, S. & De Muynck, S. (2018). Decentralised Organic Resource Treatments – Classification and comparison through Extended Material Flow Analysis. *Journal of Cleaner Production*, vol. 183, ss. 515–526
- Cambardella, C. (2004). Carbon cycle in soils: Formation and decomposition. Amsterdam: Elsevier Academic Press, ss. 170–175.
- Dahlin, A.S., Ramezani, A., Campbell, C.D., Hillier, S. & Öborn, I. (2015). Waste recovered by-products can increase growth of grass-clover mixtures in low fertility soils and alter botanical and mineral nutrient composition: Recycling by-products to grass-clover mixtures. *Annals of Applied Biology*, vol. 166 (1), ss. 105–117
- Eriksson, J., Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. Lund: Studentlitteratur.
- Europaparlamentet (2017-05-12). *Livsmedelsavfall i EU: Vad gör Europaparlamentet åt mat som slängs i onödan? | Nyheter | Europaparlamentet*. Tillgänglig: <<https://www.europarl.europa.eu/news/sv/headlines/society/20170505STO73528/livsmedelsavfall-i-eu-vad-gor-europaparlamentet-at-mat-som-slangas-i-onodan>> [2020-05-07]
- Fridays For Future, 2020. *Fridays For Future is an international climate movement active in most countries and our website offers information on who we are and what you can do*. Fridays For Future. Tillgänglig: <<https://fridaysforfuture.org/>> [2020-05-07]
- Gunnarsson, S. (2003). *Optimisation of N release: influence of plant material chemical composition on C and N mineralisation*. Uppsala: Swedish Univ. of Agricultural Sciences. (Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria; 381)
- Hillberg, K., pågående. Opublicerad rapport. *Bokashi - kitchen composting without greenhouse gas emissions?* Uppsala: Swedish Univ. of Agricultural Sciences.



- Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). *Global warming of 1.5°C*. Tillgänglig: <<http://www.ipcc.ch/report/sr15/>> [2020-05-13]
- Intergovernmental Panel on Climate Change *Climate Change and Land*. (ISBN 978-92-9169-154-8). Intergovernmental Panel on Climate Change. Tillgänglig: <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM\\_Updated-Jan20.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf)> 2020-05-13]
- Janzen, H.H. (2006). The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it? *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 38 (3), ss. 419–424
- Jusoh, M.L.C., Manaf, L.A. & Latiff, P.A. (2013). Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, vol. 10 (1), s. 17
- Kirchmann, H. & Lundvall, A. (1992/413). *Relationship between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry*. Uppsala: Markvetenskap.
- Lal, R., Negassa, W. & Lorenz, K. (2015). Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 15, ss. 79–86
- Mayer, J., Scheid, S., Widmer, F., Fließbach, A. & Oberholzer, H.-R. (2010). How effective are 'Effective microorganisms® (EM)'? Results from a field study in temperate climate. *Applied Soil Ecology*, vol. 46 (2), ss. 230–239
- Nordgren, A. (1988). Apparatus for the continuous, long-term monitoring of soil respiration rate in large numbers of samples. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 20 (6), ss. 955–957
- Raich, J.W. & Tufekciogul, A. (2000). Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochemistry*, vol. 48 (1), ss. 71–90
- Schenck zu Schweinsberg-Mickan, M. & Müller, T. (2009). Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 172 (5), ss. 704–712
- Tambone, F. & Adani, F. (2017). Nitrogen mineralization from digestate in comparison to sewage sludge, compost and urea in a laboratory incubated soil experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 180 (3), ss. 355–365
- Vi håller oss på jorden Vi håller oss på jorden. Tillgänglig: <<http://www.vihallerossapajorden.se/>> 2020-05-13]

# Appendix 1

Tabell 3. Respirometerburkarnas placering i respirometern. Provnamn för varje burk samt dess innehåll.

Försöksled	Replikat	Position	Jord tillsatt	Organiskt material tillsatt
Negativ kontroll	A1	88	Ja	Nej
Negativ kontroll	A2	82	Ja	Nej
Negativ kontroll	A3	94	Ja	Nej
Negativ kontroll	A4	52	Ja	Nej
Negativ kontroll	A5	89	Ja	Nej
Negativ kontroll	A6	58	Ja	Nej
Negativ kontroll	A7	49	Ja	Nej
Negativ kontroll	A8	81	Ja	Nej
BY	1a	50	Ja	Ja
BY	1b	75	Ja	Ja
BY	2a	85	Ja	Ja
BY	2b	62	Ja	Ja
BY	3a	63	Ja	Ja
BY	3b	53	Ja	Ja
BY	4a	66	Ja	Ja
BY	4b	92	Ja	Ja
DY	1a	71	Ja	Ja
DY	1b	87	Ja	Ja
DY	2a	56	Ja	Ja
DY	2b	70	Ja	Ja
DY	3a	69	Ja	Ja

DY	3b	57	Ja	Ja
DY	4a	77	Ja	Ja
DY	4b	74	Ja	Ja
EY	1a	60	Ja	Ja
EY	1b	65	Ja	Ja
EY	2a	68	Ja	Ja
EY	2b	64	Ja	Ja
EY	3a	84	Ja	Ja
EY	3b	93	Ja	Ja
EY	4a	54	Ja	Ja
EY	4b	86	Ja	Ja
KOM	1a	79	Ja	Ja
KOM	1b	80	Ja	Ja
KOM	2a	95	Ja	Ja
KOM	2b	59	Ja	Ja
KOM	3a	55	Ja	Ja
KOM	3b	73	Ja	Ja
KOM	4a	78	Ja	Ja
KOM	4b	72	Ja	Ja
Blank	F1	83	Nej	Nej
Blank	F2	91	Nej	Nej
Blank	F3	61	Nej	Nej
Blank	F4	76	Nej	Nej